



⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 44 39 807 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
B 01 J 8/02  
// C07C 15/48, 5/333,  
15/073

DE 44 39 807 A 1

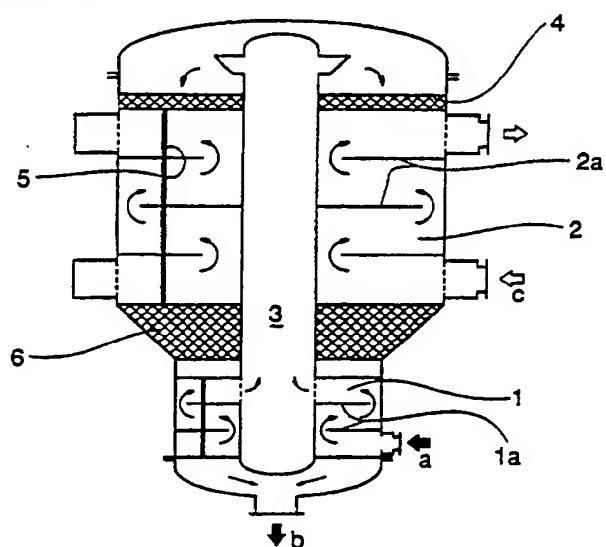
⑯ Aktenzeichen: P 44 39 807.7  
⑯ Anmeldetag: 8. 11. 94  
⑯ Offenlegungstag: 9. 5. 98

⑯ Anmelder:  
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE

⑯ Erfinder:  
Deimling, Axel, Dr., 87434 Neustadt, DE; Behling, Uwe, 67240 Bobenheim-Roxheim, DE

⑯ Reaktor zur Durchführung heterogenkatalysierter Gasphasenreaktionen

⑯ Vorrichtung, insbesondere Reaktor zur Durchführung endothermer katalytisch geförderter Gasphasenreaktionen, der in einem gemeinsamen Mantel übereinander bzw. ineinander angeordnet die folgenden Bauelemente (vgl. Abb.) aufweist:  
- einen seitlich angeströmten, mit Umlenkblechen 1a versehenen Rohrbündelwärmetauscher 1;  
- einen vorzugsweise konisch nach oben erweiterten, einen Boden aufweisenden Reaktionsraum 6 zur Aufnahme einer Katalysatorschüttung;  
- einen seitlich angeströmten, mit Umlenkblechen 2a versehenen Rohrbündelwärmetauscher 2;  
- einen einen Boden aufweisenden, nach oben durch einen Gasdom abgeschlossenen Reaktionsraum 4 zur Aufnahme einer Katalysatorschüttung;  
- ein zentrales Rohr 3 zur Verbindung des Außenraums des Wärmetauschers 1 mit dem Gasraum über dem Reaktionsraum 4;  
sowie Mittel zum Ein- und Austritt eines Heiz- bzw. Kühlgases (c) und zum Ein- und Austritt (a bzw. b) des Frischgases bzw. Reaktionsgemisches.



DE 44 39 807 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03.98 802 019/379

3/28

## Beschreibung

Zur technischen Durchführung von heterogenkatalysierten Gasphasenreaktionen (z. B. Formaldehyd-, Schwefel- oder Styrol-Synthese) werden im allgemeinen Festbettreaktoren (Axial- oder Radialbettreaktoren, Hordenreaktoren, Rohrbündelreaktoren) verwendet. Die Zu- bzw. Abfuhr der anfallenden oder erforderlichen Reaktionswärme macht im Verbund mit einem solchen Reaktor meist eine größere Anzahl von Wärmetauschern erforderlich. Die einzelnen Apparate sind mit Rohrleitungen untereinander verbunden.

Eine Darstellung der Technologie ist z. B. Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Ausgabe 1973, Bd. 3, S. 465 ff. zu entnehmen.

Danach ist es bekannt, aus mehreren Baugruppen kombinierte Apparate zu verwenden, in denen – in der Regel räumlich getrennt – die umzusetzenden Gase aufgeheizt, in einem Katalysatorbett zur Umsetzung gebracht und schließlich wieder abgekühlt werden, wobei die mitgebrachte Wärme zur Aufheizung der Frischgase verwendet wird.

Nach einem nicht vorveröffentlichten Vorschlag wird zur Durchführung einer endothermen Umsetzung in einem aus Ober-, Mittel- und Unterteil bestehenden Reaktor ein Heizgas zunächst zum Beheizen eines Rohrbündelreaktors verwendet, der den Katalysator enthält; bevor die Heizgase den Reaktor verlassen, werden sie aber noch zum Vorheizen des umzusetzenden Frischgases verwendet, was in einem auf den Reaktor aufgesetzten zweiten Rohrbündel geschieht. Die Heizgaszufuhr erfolgt über ein beide Apparate verbindendes Zentralrohr.

Die Frischgase ihrerseits werden vorher in einem dritten Rohrbündel mit den abziehenden Reaktionsprodukten im Gegenstrom vorgewärmt. Dieses dritte Rohrbündel bildet das Unterteil des Reaktionsapparates; die vorgewärmten Frischgase werden dem Rauchgasvorerhitzer über eine außen am Apparat vorbeigeführte Frischgasleitung zugeführt.

Diese Anordnung hat Nachteile; insbesondere lässt sie sich nicht sehr kompakt bauen und bedarf einer aufwendigen zusätzlichen Isolierung des Außenrohres.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Apparat anzugeben, der eine einfache, kompakte Anordnung aufweist, die gegenüber der getrennten Aufstellung und Verbindung von Einzelapparaten erheblich geringere Investitionskosten erfordert.

Der erfindungsgemäße Reaktor ist in der Figur dargestellt und kann zur Durchführung von exothermen oder – vorzugsweise – endothermen Umsetzungen dienen. Das umzusetzende Frischgas (a) wird radial von außen nach innen in den Mantelraum eines Rohrbündelwärmetauschers 1 geleitet, der unterhalb des eigentlichen Reaktionsapparates 2/5 angeordnet ist. In diesem Wärmetauscher 1 kann eine Vorheizung des Frischgases dadurch geschehen, daß der Reaktionsaustrag (b), der von oben nach unten durch die Rohre strömt, abgekühlt wird. Nach Durchströmen des Wärmetauschers 1 gelangt das Frischgas in einen zylindrischen Innenraum 3, konzentrisch innerhalb des Reaktors selbst angeordnet, durch den es nach oben auf den Reaktor geleitet wird. Nach Umlenkung gelangt das Gas über eine bedarfswise vorgeschaltete Katalysatorschicht 4 in die katalysatorgefüllten Rohre des Reaktionsapparats 2, in denen weitere Aufheizung und die Hauptumsetzung stattfindet.

Bei endothermen Umsetzungen wird die Reaktions-

wärme durch ein Heizgas (c) aufgebracht, welches im Gegenstrom zum Produktstrom durch den Mantelraum 2 um das Rohrbündel 5 des Reaktionsapparates geführt wird; wenn eine exotherme Umsetzung stattfinden soll, kann statt dessen ein Kühlmittel eingeleitet werden. Nach dem Verlassen des Rohrbündels 5 wird das Reaktionsgemisch zur schnellen Abkühlung noch durch eine nachgeschaltete Katalysatorschicht 6 geleitet, in der eine Nachreaktion stattfinden kann. In dem anschließenden Wärmetauscher 1 wird das Reaktionsgemisch unter Aufheizung des Frischgases abgekühlt. Bei exotherm ablaufenden Umsetzungen kann ein weiterer Wärmetauscher vorgesehen werden, der die Restwärme abführt.

Der erfindungsgemäße Reaktor kann demnach durch einen im wesentlichen fünfteiligen Aufbau beschrieben werden:

In einem gemeinsamen Mantel sind übereinander angeordnet

- ein seitlich angeströmter, mit Umlenklechen 1a versehener Rohrbündelwärmetauscher 1;
- ein vorzugsweise konisch nach oben erweiterter, einen Boden aufweisender Reaktionsraum 6 zur Aufnahme einer ersten Katalysatorschüttung;
- ein seitlich angeströmter, mit Umlenklechen 2a versehener Rohrbündelwärmetauscher 2 mit mehreren mit einem Katalysator befüllbaren Einzelröhren 5;
- ein einen Boden aufweisender, nach oben durch einen Gasdom abgeschlossener Reaktionsraum 4 zur Aufnahme einer zweiten Katalysatorschüttung;
- ein zentrales Rohr 3 zur Verbindung des Außenraums des Wärmetauschers 1 mit dem Gasdom über dem Reaktionsraum 4;

sowie Mittel zum Ein- und Austritt eines Heiz- bzw. Kühlgases (c) und zum Ein- und Austritt (a bzw. b) des Frischgases bzw. Reaktionsgemisches. Es versteht sich, daß die Erfindung nicht auf die Anordnung einschließlich der Katalysatorfüllung beschränkt ist.

## Beispiel

Zur Herstellung von Styrol wird dem vor stehend beschriebenen, katalysatorgefüllten Apparat ein Gemisch aus Wasserdampf und Ethylbenzol im Massenverhältnis von 1,25 : 1 zugeführt. Die Gesamtquerschnittsbelastung im Rohrteil beträgt 240 kmol/m<sup>2</sup>h (Dampf + Ethylbenzol). Es wird ein handelsüblicher Katalysator des Typs G 84 C (Hersteller: Südchemie) verwendet.

Die Röhre 5 des Hauptreaktors 2 haben einen Innen durchmesser von 72 mm und eine Länge von 5500 mm. Die Höhe der Schicht 6 beträgt 1200 mm, die der Schicht 4 ca. 500 mm. Der Manteldurchmesser des Reaktors im Bereich des Rohrbündels 5 beträgt 6800 mm.

Am Unterende der unbeheizten Katalysatorschicht 6 ist ein Ethylbenzolumsatz von 64% erzielt. Die Styrolselektivität beträgt 95,5 mol-%. Der Druck am oberen Rohrboden beträgt ca. 1,8 bar<sub>abs</sub>, nach der Schicht 6 ca. 0,5 bar<sub>abs</sub>. Die Temperaturen des Katalysators und des Reaktionsgemisches im Apparat betragen am oberen Rohrboden (d. h. hinter der Schicht 4) ca. 420°C, am Ende des Rohrbündels 5 ca. 620°C und am Ende der Schicht 6 ca. 585°C. Das Heizgas hat am Eintritt eine Temperatur von ca. 720°C, am Austritt eine Temperatur von ca. 500°C.

## Patentanspruch

Vorrichtung, insbesondere Reaktor zur Durchführung endothermer und/oder exothermer katalytisch geförderter Gasphasenreaktionen, der in einem gemeinsamen Mantel übereinander bzw. ineinander angeordnet die folgenden Bauelemente aufweist:

- einen seitlich angeströmten, mit Umlenklechen (1a) versehenen Rohrbündelwärmetauscher (1);
- einen vorzugsweise konisch nach oben erweiterten, einen Boden aufweisenden Reaktionsraum (6) zur Aufnahme einer Katalysatorschüttung;
- einen seitlich angeströmten, mit Umlenklechen (2a) versehenen Rohrbündelwärmetauscher (2) zur Aufnahme einer Katalysatorfüllung;
- einen einen Boden aufweisenden, nach oben durch einen Gasdom abgeschlossenen Reaktionsraum (4) zur Aufnahme einer Katalysatorschüttung;
- ein zentrales Rohr (3) zur Verbindung des Außenraums des Wärmetauschers (1) mit dem Gasraum über dem Reaktionsraum (4);

sowie Mittel zum Ein- und Austritt eines Heizgases (c) und zum Ein- und Austritt (a bzw. b) des Frischgases bzw. Reaktionsgemisches.

5

15

20

25

30

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

